

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-205258  
(P2000-205258A)

(43) 公開日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
F 1 6 C 32/04		F 1 6 C 32/04	A 2 F 0 7 7
G 0 1 D 5/245	1 0 2	G 0 1 D 5/245	1 0 2 B 3 J 1 0 2
H 0 2 K 7/09		H 0 2 K 7/09	5 H 6 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-9452

(22) 出願日 平成11年1月18日 (1999.1.18)

(71) 出願人 000001247  
光洋精工株式会社  
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
(72) 発明者 上山 拓知  
大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋  
精工株式会社内  
(72) 発明者 久保 厚  
大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋  
精工株式会社内  
(74) 代理人 100092705  
弁理士 渡邊 隆文

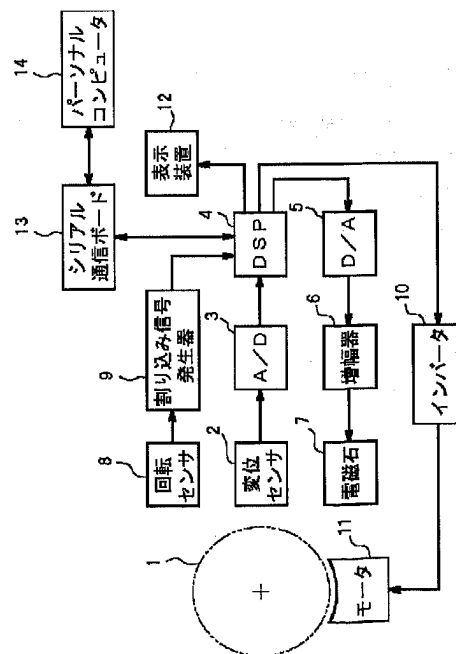
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気軸受の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 回転数（又は回転周波数）を小数点以下まで精密に検出することができる磁気軸受の制御装置を提供する。

【解決手段】 回転センサの出力に基づく割り込み信号を割り込み信号発生器において発生させ、回転体の位置制御等を行うDSP4に入力させる。DSP4は、割り込み信号を受けて内部カウンタをリセットした後、所定のサンプリング時間ごとにカウントを行い、次の割り込み信号を受けて内部カウンタをリセットする直前までのカウント値に基づいて回転数を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気軸受により支持される回転体の変位を変位センサによって検出し、この検出結果に基づいて前記回転体の位置制御を行う磁気軸受の制御装置において、前記回転体の回転に応じてパルス信号を出力する回転センサと、前記回転センサの出力に基づいて割り込み信号を発生させる割り込み信号発生器と、前記回転体の位置制御を行うとともに、前記割り込み信号を受けて内部カウンタをリセットした後、所定のサンプリング時間ごとにカウントを行い、次の割り込み信号を受けて前記内部カウンタをリセットする直前までのカウント値に基づいて前記回転体の回転数を算出するデジタル信号処理装置とを備えたことを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項2】前記デジタル信号処理装置には表示装置が接続されており、前記デジタル信号処理装置は、算出された回転数が所定値より大又は小であるときそれぞれ回転数が正常又は異常と判断して前記表示装置に判断結果を表示し、この所定値として、回転数の減少中には増加中より小さい値が用いられることを特徴とする請求項1記載の磁気軸受の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気軸受の制御装置に関し、特に、磁気軸受によって支持される回転体の回転数の検出に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、磁気軸受に支持されて高速回転する回転体の回転数は、回転体に近接して配置された回転センサによって検出される。この回転センサは、回転体の実回転周波数に比例した周波数のパルスを発生する。このパルスの数がアナログ回路及びフリップフロップ等のカウンタ素子を用いて所定時間計測されることにより、回転体の回転数（回転周波数）が得られる。例えば、回転体1回転につき1パルスが出力されるとき、1秒間に500個のパルス数がカウントされれば、回転周波数は500Hz（回転数は500rps）となる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の回転数の求め方によれば、パルスの数、すなわち整数でカウントされるため、小数点以下の回転周波数を得ることはできない。例えば、499個のパルスが1秒間にカウントされたとしても、500個目がカウントされる直前であった場合は、実回転周波数との間に約1Hzの誤差が生じる。

【0004】上記のような従来の問題点に鑑み、本発明は、回転数（又は回転周波数）を小数点以下まで精密に検出することができる磁気軸受の制御装置を提供するこ

とを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁気軸受により支持される回転体の変位を変位センサによって検出し、この検出結果に基づいて前記回転体の位置制御を行う磁気軸受の制御装置において、前記回転体の回転に応じてパルス信号を出力する回転センサと、前記回転センサの出力に基づいて割り込み信号を発生させる割り込み信号発生器と、前記回転体の位置制御を行うとともに、前記割り込み信号を受けて内部カウンタをリセットした後、所定のサンプリング時間ごとにカウントを行い、次の割り込み信号を受けて前記内部カウンタをリセットする直前までのカウント値に基づいて前記回転体の回転数を算出するデジタル信号処理装置とを備えたことを特徴とするものである（請求項1）。上記のように構成された磁気軸受の制御装置においては、割り込み信号を受けるごとに、デジタル信号処理装置が内部カウンタのリセットを行い、リセットする直前のカウント値に基づいて回転数を算出する。

【0006】上記磁気軸受の制御装置（請求項1）において、デジタル信号処理装置には表示装置が接続されており、デジタル信号処理装置は、算出された回転数が所定値より大又は小であるときそれぞれ回転数が正常又は異常と判断して前記表示装置に判断結果を表示し、この所定値として、回転数の減少中には増加中より小さい値が用いられるものであってもよい（請求項2）。この場合、デジタル信号処理装置によってデジタル処理で回転数の正常・異常が判断される。従って、回路素子の特性のばらつきや温度特性の影響を排除して正確に判断を行うことが容易である。また、正常・異常を識別する基準値が回転数の増加中には大きく、回転数の減少中には小さくなり、ヒステリシスが与えられるので、正常・異常判断のチャタリングが防止される。

## 【0007】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態による磁気軸受の制御装置の構成を示すブロック図である。図において、真空ポンプ等の回転体1は、磁気軸受により支持されて高速回転する。回転中の回転体1の変位は、変位センサ2によって検出される。変位センサ2から出力されたアナログ変位信号は、A/Dコンバータ3によってデジタル変位信号に変換され、DSP（Digital Signal Processor：デジタル信号処理装置）4に入力される。DSP4は、入力されたデジタル変位信号に基づき、デジタル制御信号を出力する。D/Aコンバータ5はこれをアナログ電流指令信号に変換し、増幅器6に与える。増幅器6はこれを増幅して得た制御電流を電磁石7に与える。電磁石7はこれを受けて、回転体1の位置制御を行う。

【0008】回転体1の近傍に配置された回転センサ8は、回転体1の回転数（回転周波数）に応じてパルスを

出力し、出力されたパルスは割り込み信号発生器9に送られる。この割り込み信号発生器9は、デルタ関数発生器又はトリガ波形発生器であり、入力されたパルスの立ち上がりを検出して割り込み信号を発生する。この割り込み信号はDSP4の割り込み信号入力ポートに入力される。

【0009】DSP4からの回転数指令信号はインバータ10に送られ、インバータ10はこれに基づいてモータ11の回転を制御する。DSP4には、DSP4が保有する情報を表示するための表示装置12が接続されている。また、DSP4は、必要に応じて、シリアル通信ボード13を介して遠隔のパーソナルコンピュータ14とも接続されている。従って、パーソナルコンピュータ14にDSP4の情報を表示することができる。

【0010】次に、回転体1の回転数の検出について詳細に説明する。図2は、上から順に、回転センサ8の出力するパルス波形、割り込み信号発生器9の出力する割り込み信号波形、及び、DSP4内で作り出される階段状のカウンタ信号波形を示している（但し、図示した階段の数は実際の数を示すものではない。）。割り込み信号波形は、前述のように、回転センサ8の出力するパルス波形の立ち上がりを捉えた、パルス幅が極限的に小さいデルタ関数又はトリガ波形である。モータ11の起動によって、割り込み信号がDSP4に入力されると、図3に示す割り込みルーチンの処理が実行される。まず、\*

$$N[\text{Hz}] = 1 / (T_s \cdot (H_p + 1)) \quad \dots (1)$$

により算出される。

【0012】上記(1)式において、 $(H_p + 1)$ は回転数算出ルーチンの実行回数に等しい。従って、図2におけるカウンタ信号波形の周期 $T_p$ は、 $T_p = T_s \cdot (H_p + 1) \quad \dots (2)$ である。従って、上記(1)式は、 $N[\text{Hz}] = 1 / T_p \quad \dots (3)$ と表すことができる。算出された回転数 $N$ は表示装置12に表示されるとともに、フィードバック信号としてインバータ10の制御にも利用される。

【0013】次に、ステップ203において、DSP4は上記(1)又は(3)式により算出した回転数 $N$ を、前回値 $N_0$ と比較して、 $N \geq N_0$ 、すなわち回転数 $N$ が増加中又は一定であるときは、ステップ204に進み、それ以外のとき、すなわち回転数 $N$ が減少中であるときはステップ206に進む。ステップ204では、定格回転数を $N_r$ 、所定値（正の値）を $x$ （ $2x$ をヒステリシス幅という。）として、 $N > 0.9N_r + x \quad \dots (4)$

が成り立つか否かを判断する。ここで、例えば、定格回転数 $N_r$ は600[Hz]、所定値 $x$ は5[Hz]である。判断結果がYESの場合は、回転数が正常であると判断し、表示装置12に「正常」の表示を行わせる（ステップ205）。一方、NOである場合は、回転数が異常

\* DSP4は、内部カウンタのカウント値 $C$ の現在値を $H_p$ （図2参照）として保存する（ステップ101）。次に、DSP4は、カウント値 $C$ をリセットして、 $C=0$ とする（ステップ102）。また、このときを起点として以下に述べる回転数算出ルーチンが定期的に行われる。

【0011】図4は、DSP4によって定期的に行われる回転数算出ルーチンのフローチャートである。当該ルーチンは、DSP4のクロックでカウントした所定の周波数 $f$ 、例えば10kHz（10,000回/秒）で実行される。従って、このときのサンプリング時間 $T_s$ （図2参照）は、 $T_s = 1/f$ である。上記周波数 $f$ の数値例の場合は、 $T_s = 1/10,000 = 0.0001$ 秒となる。ここで、説明の便宜上、既に回転体1は一定速度以上で回転しているとし、既にカウント値 $C$ が正常にカウントされているとする。この状態で、図2の時刻 $t_1$ においてDSP4に割り込み信号が入ると、前述のように、DSP4は現在のカウンタ値 $C$ を $H_p$ として保存した後、カウンタ値 $C$ を $C=0$ とする。次に、DSP4は、図4のステップ201において内部カウンタのカウント値 $C$ が0であるか否かを判断する。ここで $C=0$ であるので、DSP4はステップ202に進み、回転数 $N$ を算出する。回転数 $N$ は、カウンタ値 $C$ がリセットされる直前の値である上記 $H_p$ に基づいて、

※常であると判断し、表示装置12に「異常」の表示を行わせる（ステップ207）。この後、DSP4はカウンタ値 $C$ を1増加させて（ステップ208）、処理を終える。

【0014】また、ステップ203から206へ進んだ場合、ステップ206でDSP4は、 $N > 0.9N_r - x \quad \dots (5)$

が成り立つか否かを判断する。判断結果がYESの場合、DSP4は回転数が正常であると判断し、表示装置12に「正常」の表示を行わせる（ステップ205）。一方、NOである場合は、回転数が異常であると判断し、表示装置12に「異常」の表示を行わせる（ステップ207）。この後、DSP4はカウンタ値 $C$ を1増加させて（ステップ208）、処理を終える。このようにして、DSP4により回転数の正常・異常を判断することにより、アナログ処理にありがちな回路素子の特性のばらつきや温度特性の影響を排除して、正確に判断を行うことが可能になる。また、回転数の増加時と減少時とで異なる判断基準を用いることによりヒステリシスをもたせ、回転数の細かい変動があっても、性急に異常と判断させないようにして、「正常」「異常」の表示がチャタリングすることを防止している。

【0015】上記回転数算出ルーチンが次に実行されると、ステップ201において $C=0$ ではないので、DS

5

P4はステップ208に進み、カウント値Cを増加させてルーチンを終える。以下同様に、サンプリング時間 $T_s$ ごとにカウントが高速にくり返される。そして、次の割り込み信号が入ると、上述の回転数算出と、正常・異常の判断が行われる。こうして、割り込み信号が入るごとに、リセット直前までのカウント値Cに基づいて回転数が算出され、算出された回転数が表示される。また、回転数の正常・異常の判断が表示される。

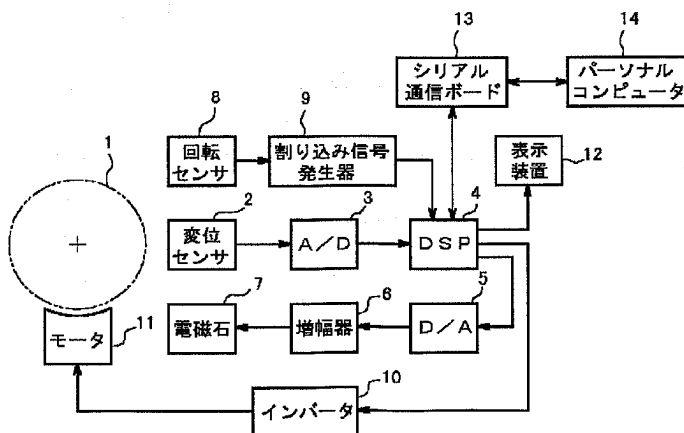
【0016】なお、表示装置12に送られる回転数N及び上記「正常」「異常」の表示信号は、シリアル通信ボード13を介して遠方のパーソナルコンピュータ14にも伝送される。従って、パーソナルコンピュータ14においても、回転数のモニタが可能である。

【0017】

【発明の効果】以上のように構成された本発明は以下の効果を奏する。請求項1の磁気軸受の制御装置によれば、割り込み信号を受けるごとに、デジタル信号処理装置が内部カウンタのリセットを行い、リセットする直前のカウント値に基づいて回転数を算出するので、パルス数という整数にとらわれることなく、回転数(回転周波数)を小数点以下まで精密に求めることができる。また、回転体の位置制御を行うデジタル信号処理装置に回転数の算出をも行わせることにより、回転数検出のための専用ハードウェアが不要となるので、制御装置の低価格化にも寄与する。

【0018】請求項2の磁気軸受の制御装置によれば、

【図1】



6

デジタル信号処理装置によってデジタル処理で回転数の正常・異常が判断されるので、回路素子の特性のばらつきや温度特性の影響を排除して正確に判断を行うことができる。また、正常・異常を識別する基準値が回転数の増加中には大きく、回転数の減少中には小さくなり、ヒステリシスが与えられるので、正常・異常判断のチャタリングが防止される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による軸受の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】上記軸受の制御装置における回転センサの出力するパルス波形、割り込み信号発生器の出力する割り込み信号波形、及び、DSP内で作り出される階段状のカウント信号波形を示すグラフである。

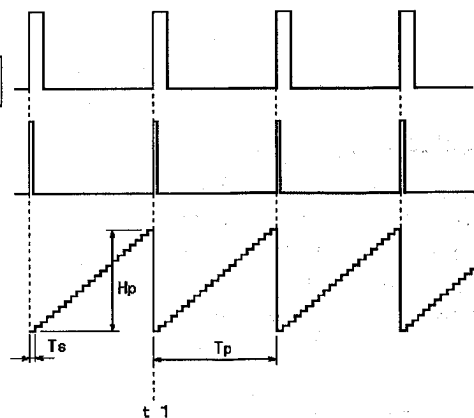
【図3】上記軸受の制御装置における割り込みルーチンを示すフローチャートである。

【図4】上記軸受の制御装置における回転数算出ルーチンを示すフローチャートである。

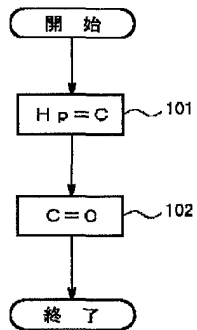
【符号の説明】

- 1 回転体
- 2 変位センサ
- 4 DSP
- 8 回転センサ
- 9 割り込み信号発生器
- 12 表示装置

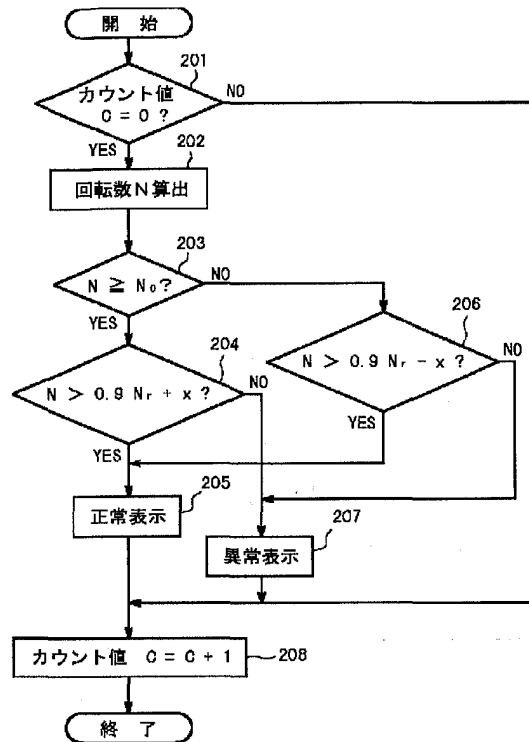
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F077 AA25 CC02 TT41 TT71 TT77  
 3J102 AA01 BA03 BA17 DA09 DB05  
 DB06 DB10 DB22 DB32 DB37  
 5H607 AA17 BB01 BB08 CC01 DD02  
 GG19 GG21

CLIPPEDIMAGE= JP02000205258A

PAT-NO: JP02000205258A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000205258 A

TITLE: CONTROL DEVICE FOR MAGNETIC BEARING

PUBN-DATE: July 25, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KAMIYAMA, HIROTOMO

N/A

KUBO, ATSUSHI

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KOYO SEIKO CO LTD

N/A

APPL-NO: JP11009452

APPL-DATE: January 18, 1999

INT-CL (IPC): F16C032/04;G01D005/245 ;H02K007/09

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect revolving speed (or rotational frequency) accurately to decimal places.

SOLUTION: An interrupt signal is generated by an interrupt signal generator on the basis of the output of a rotation sensor and fed to a DSP 4 which performs position control, etc., of a rotor. The DSP 4 resets an internal counter upon receiving the interrupt signal, performs counting at certain intervals specified for sampling, and calculates the revolving speed on the basis of the count value till immediately before resetting of the internal counter upon receiving the next interrupt signal.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO